



МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

«Казанский национальный исследовательский технологический университет»
(ФГБОУ ВО «КНИТУ»)

Институт химического и нефтяного машиностроения

Кафедра холодильной техники и технологии

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по УР

А.В.Бурмистров

«11» 09 2018 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

по дисциплине

Б1.В.ОД.14 «Теплообменные аппараты холодильных установок»

Направление подготовки _ 14.03.01 «Ядерная энергетика и теплофизика»

Профиль подготовки _ «Техника и физика низких температур»

Уровень высшего образования бакалавриат

Форма обучения очная

Институт, факультет ИХНМ, факультет ЭмТО

Кафедра-разработчик рабочей программы Холодильная техника и технологии

Курс, семестр 4-й курс, 7 семестр

	Часы	Зачетные единицы
Лекции	18	0,5
Практические занятия	54	1,5
Самостоятельная работа	117	3,25
Форма аттестации	27	7 семестр – экзамен; курс. работа 0,75
Всего	216	6

Казань, 2018 г.

Рабочая программа составлена с учетом требований Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования № 1034 от 11.08.2016г. по направлению 14.03.01 «Ядерная энергетика и теплофизика» для профиля «Техника и физика низких температур», на основании учебного плана набора обучающихся 2015-2018 годов.

Разработчик программы:
Доцент кафедры ХТиТ

 А.С.Приданцев

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры холодильной техники и технологии, протокол №1 от 07.09.2018 г.

Зав. кафедрой ХТиТ, профессор

 И.Г.Хисамеев

УТВЕРЖДЕНО

Протокол заседания методической комиссии факультета ЭМТО
от 10.09.2018 №1

Председатель заседания методической комиссии
факультета ЭМТО, доцент

 М.С. Хамидуллин

Начальник УМЦ, доцент

 Л.А. Китаева

1. Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины «Теплообменные аппараты холодильных установок» являются:

- а) углубленная подготовка в области процессов и аппаратов для производства искусственного холода;
- б) формирование знаний об основах термодинамического расчёта и анализа работы холодильных машины и их отдельных элементов;
- в) подготовка специалистов для профессиональной деятельности в области проектирования и конструирования, эксплуатации и сервисного обслуживания теплообменных аппаратов холодильных установок.

2. Место дисциплины в структуре ООП ВО

Дисциплина «Теплообменные аппараты холодильных установок» относится к дисциплинам вариативной части ООП и формирует у бакалавров по направлению подготовки 14.03.01 «Ядерная энергетика и теплофизика» набор специальных знаний и компетенций, необходимых для:

- обобщения, анализа, восприятия информации, постановки цели и выбора путей её достижения;
- способности демонстрировать базовые знания в области естественнонаучных дисциплин и готовности использования основных законов в профессиональной деятельности, применения методов математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования;
- готовности выявления естественнонаучной сущности проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, и способности привлечь для их решения соответствующий физико-математический аппарат;
- способности к участию в разработке методов прогнозирования количественных характеристик процессов, протекающих в конкретных технических системах на основе существующих методик;
- способности разрабатывать проекты узлов аппаратов новой техники с учётом сформулированных к ним требований, использования в разработке технических проектов новых информационных технологий;

Для успешного освоения дисциплины «Теплообменные аппараты холодильных установок» по направлению подготовки «Ядерная энергетика и теплофизика» студент должен освоить материал предшествующих дисциплин:

- Математика
- Физика (общая);
- Химия;
- Механика жидкости и газа;
- Теоретические основы холодильной техники;
- Теплообмен;
- Холодильные машины

Знания, полученные при изучении дисциплины «Теплообменные аппараты холодильных установок» могут быть использованы при прохождении преддипломной практики и выполнении выпускных квалификационных работ по направлению подготовки «Ядерная энергетика и теплофизика».

3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины «Теплообменные аппараты холодильных установок»

Выпускник, обучавшийся по направлению подготовки «Ядерная энергетика и теплофизика» образовательной программы подготовки бакалавров профиля «Ядерная энергетика и теплофизика», в соответствии с задачами профессиональной деятельности и целями основной образовательной программы, должен обладать следующими компетенциями:

а) профессиональными (ПК):

- способностью к участию в разработке методов прогнозирования количественных характеристик процессов, протекающих в конкретных технических системах на основе существующих методик (ПК-1)
- способностью к участию в проектировании основного оборудования атомных электростанций, термоядерных реакторов, плазменных и других энергетических установок с учетом экологических требований и обеспечения безопасной работы (ПК-5)

В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

1) Знать:

- основные законы теплообмена в холодильных установках;
- принципы действия и устройства аппаратов, применяемых в низкотемпературной и криогенной технике;
- методы обеспечения безопасной эксплуатации теплообменных аппаратов;
- современные достижения науки и техники, передовой отечественный и зарубежный опыт в области расчёта и эксплуатации теплообменных аппаратов.

2) Уметь:

- проводить расчетно-теоретические исследования процессов передачи тепла в аппаратах;
- проводить тепловые, гидравлические и прочностные расчёты, теплообменных аппаратов холодильных установок;
- выбирать и рассчитывать аппараты для эффективного их использования в схеме холодильных и криогенных установок.

3) Владеть:

- основами расчёта и проектирования теплообменных аппаратов и отдельных элементов;
- навыками правильного подбора теплообменных аппаратов с учётом конкретных условий производства и потребления холода;
- навыками проектирования теплообменных аппаратов;
- методами экспериментального и расчётно-теоретического исследования теплообменных аппаратов.
- навыками работы со справочной, научно-технической литературой и периодикой;
- навыками использования современных информационных технологий.

4. Структура и содержание дисциплины «Теплообменные аппараты холодильных установок»

№ п/п	Раздел дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы (в часах)			Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации по разделам
				Лекция	Практические занятия	СРС	
1	Тема 1 Введение. Цель и задачи дисциплины	7	1	3			Тестирование Защита практических работ
2	Тема 2 Теплоносители		2				
3	Тема 3 Классификация теплообменных аппаратов.	7	2 3	2	24	5	
4	Тема 4 Вычисление температурного напора	7	3 4	2		20	
5	Тема 5 Теплопередача в теплообменных аппаратах.	7	4	1		2	
6	Тема 6 Основы расчёта теплообменных аппаратов.	7	5 6	4	30	38	
7	Тема 7 Поверхностные и контактные аппараты	7	7	2		5	
8	Тема 8 Материалы аппаратов холодильной техники.	7	8	2		5	
9	Тема 9 Влияние эффективности теплообменных аппаратов на эффективность установок. Показатели качества теплообменных аппаратов	7	9	2		5	
10	Выполнение курсовой работы.	7	1-9			37	Диф.зачёт
Итого				18	54	117	Экзамен,27ч

5. Содержание лекционных занятий по темам

№ п/п	Раздел дисциплины	Ча- сы	Тема лекционного занятия	Краткое содержание	Формируемые компетенции
1	<u>Тема 1.</u> Введение. . Цель и задачи дисцип- лины	3	Введение. Цель и задачи дисци- плины.	Предмет теплообменные аппара- ты холодильных установок, его место и роль в подготовке ди- пломированных специалистов	ПК-1
2	<u>Тема 2</u> Теплоносители	2	Теплоносители холодиль- ной техники..	Свойства рабочих веществ при низких температурах.	ПК-1,ПК-5
3	<u>Тема 3</u> Классифика- ция теплооб- менных аппаратов	2	Классифика- ция теплооб- менных аппаратов.	Теплообмен при низких темпера- турах и его особенности. спосо- бы переноса тепла. Кожухотрубные, пластинчатые и спиральные теплообменни- ки.Змеевиковые поперечно точ- ные теплообменники, трёх поточные и пластинчато- ребристые теплообменники. Кон- денсаторы-испарители криоген- ных установок.	ПК-1,ПК-5
4	<u>Тема 4</u> Вычисление температурного напора	2	Вычисление температурно- го напора	Средняя, среднелогарифмическая и среднеинтегральная разность температур.	ПК-1,ПК-5
5	<u>Тема 5</u> Теплопереда- ча в теплооб- менных аппаратах.	1	Теплопере- дача в тепло- обменных аппаратах.	Физические константы газов при низких температурах. Основные уравнения теплопередачи при ламинарном и турбулентном движении. Теплообмен в каналах неизогнутого сечения и изогну- тых змеевиках	ПК-1,ПК-5
6	<u>Тема 6</u> Основы расчёта теплообменных аппаратов.	4	Основы расчё- та теплообмен- ных аппаратов.	Задачи теплового расчёта. Ис- ходные данные. Теплообмен при газовых переходах. Определение основных конструктивных разме- ров конденсаторов, испарителей.	ПК-1,ПК-5
7	<u>Тема 7</u> Поверхностные и контактные аппараты	2	Поверхностные и контактные аппараты	. Рекуперативные теплообмен- ники. Теплообмен в рекупера- тивных теплообменниках. Гидравлическое сопротивление	ПК-1,ПК-5

				рекуперативного теплообменника. Регенераторы и их принцип действия. Коэффициент теплоотдачи в регенераторах. Гидравлическое сопротивление. Сравнение регенератора с рекуператором	
8	<u>Тема 8</u> Материалы аппаратов холодильной техники.	2	Материалы аппаратов холодильной техники.	Механические свойства металлов при низких температурах. Влияние низких температур на свойства сварных швов. Металлы, сплавы и припой, применяемые при изготовлении аппаратов	ПК-1,ПК-5
9	<u>Тема 9</u> Влияние эффективности теплообменных аппаратов на эффективность установок. Показатели качества теплообменных аппаратов	2	Влияние эффективности теплообменных аппаратов на эффективность установок. Показатели качества теплообменных аппаратов	Обеспечение получения низких температур. Источники потерь и их оценка. Оценка эффективности теплообменников и эффективность установки в целом.	ПК-1,ПК-5

Лекционные занятия проводятся с использованием инновационной образовательной технологии (в общем 9 часов) – разбор конкретных ситуаций, что позволяет вести диалог с обучающимися по вопросам их будущей специальности. Во время изложения лекционного материала обсуждаются конкретные ситуации, обучающиеся предлагают различные варианты подхода к ситуации, вырабатывается совместное решение, а также обсуждаются вопросы, касающиеся монтажа и эксплуатации теплообменного оборудования.

6. Содержание практических занятий

Учебным планом направления подготовки 14.03.01 «Ядерная энергетика и теплофизика» (профиль «Техника и физика низких температур») предусмотрено проведение практических занятий по дисциплине «Теплообменные аппараты холодильных установок» для студентов очной формы обучения.

Цель проведения практических занятий – освоение лекционного материала, касающегося изучения конструкции теплообменных аппаратов методом теплового, гидравлического и прочностного расчёта аппаратов, методов испытаний и обработки результатов, определения основных конструктивных размеров аппаратов.

Режим проведения практических занятий – один раз в неделю по 2 часа.

Общая продолжительность практических занятий и их распределение по отдельным темам согласно тематике лекционного курса представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Содержание практических занятий по дисциплине «Теплообменные аппараты холодильных установок»

№ п/п	Раздел дисциплины	Часы	Тема практического занятия	Краткое содержание	Формируемые компетенции
1	Тема 3	12	Конденсаторы и вспомогательные аппараты	Изучение конструкций конденсаторов и вспомогательных ТООА холодильных установок	ПК-1, ПК-5
2	Тема 3	12	Испарители и воздухоохладители	Изучение конструкций испарителя и воздухоохладителей холодильных установок	ПК-1, ПК-5
3	Тема 6	15	Тепловой и гидравлический расчёт конденсаторов	Тепловой и гидравлический расчёт конденсаторов	ПК-1, ПК-5
4	Тема 6	15	Тепловой и гидравлический расчёт испарителей и вспомогательных аппаратов	Тепловой и гидравлический расчёт испарителей и вспомогательных аппаратов	ПК-1, ПК-5

7. Содержание лабораторных занятий

Учебным планом направления подготовки 14.03.01 «Ядерная энергетика и теплофизика» (профиль «Техника и физика низких температур») не предусмотрено проведение лабораторных занятий по дисциплине «Теплообменные аппараты холодильных установок».

8. Курсовая работа

Учебным планом направления подготовки 14.03.01 «Ядерная энергетика и теплофизика» (профиль «Техника и физика низких температур») предусмотрено выполнение курсовой работы по дисциплине «Теплообменные аппараты холодильных установок».

Цель выполнения студентами курсовой работы по дисциплине – получить навыки расчёта и проектирования воздухоохладителей.

Курсовая работа выполняется студентами индивидуально по теме, предлагаемой преподавателем.

Основные источники информации при выполнении курсовой работы:

- Библиотека университета – учебники, нормативно-справочная литература;
- Архив кафедры холодильной техники и технологии – плакаты и альбомы чертежей в бумажной и электронной форме.

Выполнение курсовой работы завершается оформлением студентом письменного отчёта – «Расчётно-пояснительная записка» по установленной в вузе форме с последующей публичной защитой результатов работы перед комиссией состоящей из преподавателей кафедры ХТиТ.

Примерная тематика и объём курсовой работы:

Тема 1. Сухой воздухоохладитель для камеры хранения охлаждённых продуктов.

Исходные данные:

- Холодопроизводительность – 15 кВт
- Температура воздуха в камере – минус 5°C
- Относительная влажность в камере – 85%
- Диаметр труб $d_{\text{нар}}$ х 8, мм – 16х1
- Вид оребрения – круглые рёбра
- Допустимая толщина инея – 3 мм
- Хладоноситель – NaCl.

Содержание расчётно-пояснительной записки. Аннотация. Задание. Оглавление. Введение. Определение параметров воздуха на входе и на выходе из воздухоохладителя. Расчёт теплоотдачи со стороны воздуха. Расчёт средней температуры хладоносителя. Расчёт основных размеров воздухоохладителя. Описание спроектированной конструкции. Список литературы. Приложение (спецификация к чертежу).

Объём графической части курсовой работы (1 лист формата А1).

Сборочный чертёж воздухоохладителя – 1 лист формата А1.

Тема 2. Сухой воздухоохладитель для камеры хранения замороженных продуктов.

Исходные данные:

- Холодопроизводительность – 50 кВт
- Температура воздуха в камере – минус 25°C
- Относительная влажность в камере – 90%
- Диаметр труб $d_{\text{нар}}$ х 5, мм – 25 х 2,5
- Вид оребрения – пластинчатое
- Допустимая толщина инея – 5 мм
- Холодильный агент – R717.

Содержание расчётно-пояснительной записки. Аннотация. Задание. Оглавление. Введение. Определение параметров воздуха на входе и на выходе из воздухоохладителя. Расчёт теплоотдачи со стороны воздуха. Расчёт температуры кипения холодильного агента. Расчёт основных размеров воздухоохладителя. Описание спроектированной конструкции. Список литературы. Приложение (спецификация к чертежу).

Объём графической части курсовой работы (1 лист формата А1).

Сборочный чертёж воздухоохладителя – 1 лист формата А1.

9. Курсовой проект

Учебным планом направления подготовки 14.03.01 «Ядерная энергетика и теплофизика» (профиль «Техника и физика низких температур») не предусмотрено выполнение курсового проекта по дисциплине «Теплообменные аппараты холодильных установок».

10. Самостоятельная работа обучающихся

Общая продолжительность самостоятельной работы студентов (СРС), предусмотренная учебным планом направления 14.03.01 «Ядерная энергетика и теплофизика» профиля «Техника и физика низких температур», по дисциплине Б1.В.ОД.14 «Теплообменные аппараты холодильных установок», а также распределение учебного времени по разделам дисциплины представлены в таблице 3.

СРС включает следующие виды работ:

- изучение лекционного и дополнительного теоретического материала;
- подготовка к выполнению практических занятий;
- оформление отчетов по практическим занятиям;
- выполнение курсовой работы.

По результатам выполнения СРС применяются следующие виды контроля

- предварительный (корректирующая функция) - подготовка к практическим занятиям в форме устного опроса;
- текущий (корректирующая функция) - усвоение лекционного материала в форме устного опроса и проверки качества ведения конспекта;
- итоговый (констатирующая функция) - выполнение курсовой работы по дисциплине;
- защита курсовой работы;
- итоговый (констатирующая функция) - экзамен по дисциплине.

Развернутая схема внеаудиторной работы студентов с указанием форм деятельности и соответствующих им форм контроля результатов, а также примерного времени, затрачиваемого студентом на выполнение различных видов работ (включая подготовку к занятиям), и ссылок на рекомендуемые источники информации представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Планируемое содержание СРС при изучении дисциплины «Теплообменные аппараты холодильных установок».

Темы, выносимые на самостоятельную работу	Час.	Форма самостоятельной работы студента	Формируемые компетенции
Тема 3 Классификация теплообменных аппаратов.	5	Проработка теоретического материала и подготовка к практическим занятиям. Оформление отчетов по практическим занятиям.	ПК-1 ПК-5
Тема 4 Вычисление температурного напора	20	Проработка теоретического материала и подготовка к практическим занятиям. Оформление отчетов по практическим занятиям.	ПК-1 ПК-5
Тема 5 Теплопередача в теплообменных аппаратах.	2	Проработка теоретического материала и подготовка к практическим занятиям. Оформление отчетов по практическим занятиям.	ПК-1 ПК-5
Тема 6 Основы расчёта теплообменных аппаратов.	38	Проработка теоретического материала и подготовка к практическим занятиям. Оформление отчетов по практическим занятиям. Проработка теоретического материала	ПК-1 ПК-5
Тема 7 Поверхностные и контактные аппараты	5	Проработка теоретического материала и подготовка к практическим занятиям. Оформление отчетов по практическим занятиям.	ПК-1 ПК-5
Тема 8 Материалы аппаратов холодильной техники.	5	Проработка теоретического материала и подготовка к практическим занятиям. Оформление отчетов по практическим занятиям.	ПК-1 ПК-5
Тема 9 Влияние эффективности теплообменных аппаратов на эффективность установок. Показатели качества теплообменных аппаратов	5	Проработка теоретического материала и подготовка к практическим занятиям. Оформление отчетов по практическим занятиям.	ПК-1ПК-5
Работа по теме курсовой работы	37	Оформление и защита работы	ПК-1 ПК-5

11.Использование рейтинговой системы оценки знаний

При оценке результатов деятельности студентов в рамках дисциплины «Теплообменные аппараты холодильных установок» предусматривается использование рейтинга оценки знаний.

Рейтинг формируется на основании текущего и промежуточного контроля, в соответствии с Положением о рейтинговой системе КНИТУ.

При изучении дисциплины предусматривается экзамен, курсовая работа и выполнение четырёх практических работ. За эти контрольные точки студент может получить максимальное и минимальное количество баллов (см.таблицу 4)

Таблица 4.

Оценочные средства	Min,баллов	Max, баллов
Тестирование	12	18
Практические занятия	24	42
Допуск к экзамену	36	60
Экзамен	24	40
Итого	60	100

Оценочные средства для проведения текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации обучающихся и итоговой аттестации разрабатываются согласно положению о Фондах оценочных средств, рассматриваются как составная часть рабочей программы и оформляются отдельным документом.

12. Информационно–методическое обеспечение дисциплины

При изучении дисциплины «Теплообменные аппараты холодильных установок» в качестве основных источников информации рекомендуется использовать следующую литературу:

а) Основная литература

Основные источники информации	Кол-во экз.
1. Основы теплопередачи и массообмена: учеб. пособие /В.Г.Дьяконов, О.А.Лончаков;- Казань: Изд-во КНИТУ,2015,-244с.:ил.	157 экз. в УНИЦ КНИТУ
2. Ибраев, А.М. Холодильные технологии и технологическое оборудование пищевой промышленности: Монография/ Ибраев А.М., Фирсова Ю.А., Хамидуллин М.С., Хисамеев И.Г. – Казань: Фэн, 2011. – 252 с.	212 экз.в УНИЦ КНИТУ
3. Машины и аппараты химических производств/ В.В.Алексеев. Казань: КНИТУ, 2012-304с.:ил.	10 экз. в УНИЦ КНИТУ

б) Дополнительная литература

В качестве дополнительных источников информации рекомендуется использовать следующую литературу

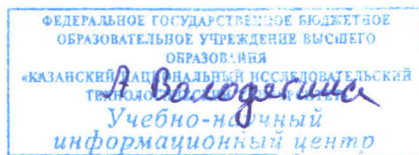
Дополнительные источники информации	Кол-во экземпляров
1. Глухов С.Д., Жердев А.А., Шарабурин А.В. Рабочие вещества малых холодильных машин: учебное пособие / С.Д. Глухов. – М. : Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана,	ЭБС КнигаФонд http://www.knigafund.ru/books/174503/read Доступ с любой точки интернет после регистрации с ip-адресов КНИТУ
2 .Железный В.П.. Рабочие тела парокомпрессорных холодильных машин: свойства, анализ, применение [Монографии] : монография / М-во образ. и науки, молодежи и спорта Украины, Одесская гос. акад. холода .— Одесса : Феникс, 2012 .— 421 с. : ил. — Библиогр.: с.368-392 (319 назв.).	1 экз. экз. в УНИЦ КНИТУ 1 экз. на Кафедре ХТиТ

в) программное обеспечение и Интернет-ресурсы

При изучении дисциплины «Теплообменные аппараты холодильных установок» предусмотрено использование следующих электронных источников информации:

1. Научная Электронная Библиотека (НЭБ) – Режим доступа: <http://ft.kstu.ru/ft>
2. Электронный каталог УНИЦ КНИТУ– Режим доступа: <http://ruslan.kstu.ru/>
3. ЭБС «КнигаФонд» – Режим доступа: <http://www.knigafund.ru>
4. ЭБС «Znaniyum.com» – Режим доступа: <http://znaniyum.com>
5. ЭБС «Лань» – Режим доступа: <http://e.lanbook.com/books/>
6. ЭБС «ЮРАЙТ» – Режим доступа: <https://www.biblio-online.ru>
7. ЭБС «IPRbooks» – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/>
8. ЭБС «РУКОНТ» – Режим доступа: <http://www.rucont.ru>
9. ЭБС «БиблиоТех» – Режим доступа: <http://kstu.bibliotech.ru>

Согласовано:
Зав. сектором



А.А. Володягина

13 Материально-техническое обеспечение дисциплины «Теплообменные аппараты холодильных установок»

В качестве материально-технического обеспечения дисциплины «Теплообменные аппараты холодильных установок» используются следующие средства для проведения занятий.

1. Лекционные занятия:

- а) раздаточные материалы в виде рисунков, схем, диаграмм и т.д. по теме лекции;
- б) аудитория, оснащенная презентационной техникой: проектор, экран, ноутбук.

2. Практические занятия:

- а) презентационная техника: проектор, экран, ноутбук;
- б) специализированное ПО *Refrigeration Utilities*.

3. Прочее:

- а) рабочее место преподавателя, оснащенное компьютером с доступом в Интернет.

14. Образовательные технологии

Занятия лекционного типа в объеме 9 аудиторных часов и практического типа в объеме 24 аудиторных часов проводятся с применением интерактивных форм обучения т.е. используются учебные групповые дискуссии при изучении различных конструкций теплообменных аппаратов и презентации современных аппаратов.

СОДЕРЖАНИЕ

1. Цели освоения дисциплины	3
2. Место дисциплины в структуре ООП ВО	3
3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины	4
4. Структура и содержание дисциплины	5
5. Содержание лекционных занятий по темам	6
6. Содержание практических занятий	8
7. Содержание лабораторных занятий	8
8. Курсовая работа	8
9. Курсовой проект.	9
10. Самостоятельная работа обучающихся.....	10
11. Использование рейтинговой системы оценки знаний	12
12. Информационно-методическое обеспечение дисциплины.....	15
13. Материально-техническое обеспечение дисциплины	17
14. Образовательные технологии	17